

⑬ Int. Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑭公告 平成5年(1993)10月29日

H 01 S 3/18

発明の数 1 (全8頁)

⑮発明の名称 半導体レーザ装置

⑯特 願 昭60-125449

⑰公 開 昭61-283190

⑱出 願 昭60(1985)6月10日

⑲昭61(1986)12月13日

⑳発 明 者 水 戸 郁 夫 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

㉑発 明 者 山 口 昌 幸 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

㉒出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

㉓代 理 人 弁理士 京本 直樹 外2名

審 査 官 大 嶋 洋 一

㉔参 考 文 献 特開 昭61-290789 (JP, A)

特開 昭60-178685 (JP, A)

特開 昭58-78488 (JP, A)

特開 昭50-74388 (JP, A)

1

2

①特許請求の範囲

1 活性層に隣接して回折格子が形成されている構造の半導体レーザにおいて、活性層内の共振器軸方向の光の電解強度分布にほぼ比例した形状に注入電流分布形状を制御する手段を有することを特徴とする半導体レーザ装置。

発明の詳細な説明

(発明の分野)

本発明は、光通信用あるいは光計測器用の光源等として用いられる半導体レーザ装置に関する。

(従来技術)

単一軸モードで動作する分布帰還形半導体レーザ (Distributed Feedback Laser Diode、以後DFBLDと略) あるいは、分布ブラッグ反射形半導体レーザ (Distributed Bragg Reflector Laser Diode、以後DBRLDと略) は、高速および長距離の光ファイバ通信用光源として、また、発振波長の単一性が良いことから、コヒーレントな光学系を組んだ光計測器の光源として期待され開発が急ピッチで進められている。InGaAsP/InP系材料を用いたDFBLDでは4Gb/sという超高速で伝送距離が100kmを越える光ファイバ通信システム実験の光源として用いられ良好な結果が得られている。また、特性が良好な素子では、単一軸モード動作で100mwを越える高出力cw動

作や、140℃に達する高温cw動作が得られ、従来のファブリ・ペロー (Fabry-perot) 形半導体レーザとほぼ同等の特性が得られている。しかしながら、従来のファブリ・ペロー (Fabry-perot) 形半導体レーザと異なり、DFBLDでは、発振軸モードを1本に制御することに製作上の難かしさを有している。即ち、ファブリ・ペロー (Fabry-perot) 形半導体レーザでは、発振横モードを制御しさえすればほぼ所要条件を満足させることができる素子を安定して作製することができたが、DFBLDでは、回折格子が、光出射端面でどのような回折格子位相で切れているか、などにより発振スペクトルが、単一軸モードであつたり、複数の軸モードであつたり、複雑な変化するため、安定した単一軸モードで動作する素子を高い歩留りで製作することが難しかった。

(発明の目的)

本発明の目的は、安定した単一軸モードで動作し、かつ高い製作歩留りが得られる半導体レーザ装置を提供することにある。

(発明の構成)

本発明によれば、活性層に隣接して回折格子が形成されている構造の半導体レーザにおいて、活性層内の共振器軸方向の光の電解強度分布に比例した形状に注入電流分布形状を制御する手段を有

することを特徴とする半導体レーザ装置が得られる。

(発明の原理の説明)

本発明の実施例を説明する前に本発明の原理を簡単に説明する。第1図aは、DFBLDの構造の一例を示す模式図である。DFBLDでは、素子のほぼ中央にブラッグ波長に対し $\lambda/4$ 波長分だけ回折格子の位相を変化させる $\lambda/4$ シフト領域50を設けると、単一軸モードの発振特性は改善させることが報告されている(例えば宇高等による昭和59年度電子・通信学会全国大会予稿集1017)。第1図aの模式図も同様の構造になっている。両側端面での反射による影響を避けるため両端面には低反射膜30、31が形成されている。この時、DFBLDの共振器内に形成されるブラッグ波長で発振する最も発振閾値の低い光の電界強度を計算したのが第1図bである。この時、電流の注入は共振器軸方向の各点で一樣とし、各点での利得は等しいものとして計算した。この時、電界強度は素子中央の $\lambda/4$ シフト領域50のところで最も大きく、端面に向って減衰して行く形になることがわかる。 $\lambda/4$ シフト領域50を内部に形成した素子はブラッグ波長で発振し、副モードとの発振閾値利得差を大きくとることができる優れた構造である。その特徴は、ブラッグ波長で発振することであり、この時の共振器内の光の電界強度分布は第1図bの形になるわけである。ところで、第1図bでは、利得は共振器軸方向で一樣とした。ところが、実際は、共振器のほぼ中央では、光の電界強度が大きいため共振器の両端部に比較し、より多くの注入キャリアが消費されており、実際は利得の飽和が起きる。この効果を考えると、光の電界強度分布及び利得の分布は第1図cに示される様な、中央での光の電界強度が第1図bに比べ若干小さくなった形状となる。ところで、高出力を得ようとして、注入電流を次第に増加させた時、共振器内部の光の電界強度が更に増大するため、共振器中央付近での注入キャリアの消費が更に増大し逆に中央部に比べ注入キャリアの消費が小さい共振器の両端部での利得が大きいという傾向が助長されて行く。従ってブラッグ波長で発振するモードとは異なつた、光の電界強度分布が共振器の両端部において大きくなる様な副モードが発振し易くなつて行き、最後には、ブラ

ッグ波長で発振するモードと同時にあるいは、ブラッグ波長でのモードが発振を停止して、副モードが発振する。この様な現象は、従来の計算が、ほとんどの場合、共振器内での利得が一樣であると仮定していたため、十分に理解されていなかった。実際、本発明の発明者等は、第1図の模式図に示す構造と類似の構造の素子を試作して、評価したところ、最初予測されていた以上に副モードの発振が観測されており、これを説明するには、上述した様な、共振器軸方向での光の電界強度分布形状を考慮する必要があることが判つた。この問題を解消するためには、第1図dに示す様に、最低閾値で発振するモードの光の電界強度分布に相似な分布形状をした利得分布が保たれる様に、注入電流の共振器方向の分布形状を制御してやれば良いことは明らかである。従つて、以下に示す本発明の実施例は共振器方向において、従来のDFBLDとは異なつて、内部の光の電界分布形状に対応した、電流注入分布形状を形成してやることを特徴としている。

(発明の第1の実施例)

第2図に本発明の第1の実施例を表す斜視図を示す。(001)面方向のn形InP基板1(Snドープ、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)の上に、共振器のほぼ中央部に、 $\lambda/4$ シフト領域50を有する深さ、1000Å、周期が2000Åの回折格子60を形成する。この基板の上にn形InGaAsP光ガイド層2(発光波長にして $1.15 \mu\text{m}$ 組成、膜厚が谷の部分で $0.15 \mu\text{m}$ 、Snドープ、キャリア濃度 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、ノンドープInGaAsP活性層3(発光波長にして、 $1.30 \mu\text{m}$ 組成、膜厚 $0.1 \mu\text{m}$)、及びp形InPクラッド層4(Znドープ、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚 $0.7 \mu\text{m}$)を積層する。この後<110>方向に間に上部の幅約 $1.5 \mu\text{m}$ のメサストライプ70を挟んで深さ $3 \mu\text{m}$ 幅約 $8 \mu\text{m}$ の2本の平行な2本の溝71、72を形成し、更にp形InP電流ブロック層5(Znドープ、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、平坦部での厚さ $0.5 \mu\text{m}$)、n形InP電流閉じ込め層6(Teドープ、キャリア濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 平坦部での厚さ $0.5 \mu\text{m}$)を、メサストライプ70の上部のみには成長しない様に積層させ、更に全体を覆つてp形InP埋め込み層7(Znドープ、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、平坦部での厚さ $1.5 \mu\text{m}$)、p形InGaAsPキャップ層8(Znド

ープ、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、平坦部での厚さ $1.0 \mu\text{m}$) を積層させ、水戸等が、昭和57年度電子通信学会総合全国大会の予稿集857で報告した二重チャンネルプレーナ埋め込み形構造を形成する。メサストライプの上部に幅 $10 \mu\text{m}$ の電流注入領域 7 3 を除いて SiO_2 絶縁膜 7 4 を形成する。第1、第2、第3のp側金属電極 8 0, 8 1, 8 2 に間にメサストライプ 7 0 とは垂直方向の、p形 InGaAsP 層 8 までを除去した幅 $5 \mu\text{m}$ の分離溝 8 4, 8 5 によって、 $100 \mu\text{m}$ 間隔で分けられている。基板 1 側には AnGeNi を用いた n 側金属電極 8 3 が形成されている。又、劈開によって形成された両側の端面には、反射率が 2% 以下の低反射膜 (SiN 膜を用いている) 3 0, 3 1 が形成されている。第1、第2、第3のp側金属電極を短絡させて、注入電流-光出力特性を測定したところ、 25°C での発振閾値は 30 mA 、また前方端面 9 0 からの光出力に関しての微分量子効率 20% であつた。発振スペクトルに関しては片側出力 30 mW 程度以上の高出力域まで安定な単一軸モードで動作する素子も得られたが、 5 mW 程度で軸モードの跳びや多軸モード発振する素子も数多く見られた。そこで、第3図 a に示す様にこの素子の第1、第2、第3のp側電極 8 0, 8 1, 8 2 に各々、 100Ω , 50Ω , 100Ω の負荷抵抗 1 0 0, 1 0 1, 1 0 2 を接続した。この時、ターミナル 1 1 0 から電流を流すと中央の第2のp側電極 8 1 からは両側の第1、第3のP側電極に比べ約2倍の電流が流れることになる。従つて第3図 b の破線で示される様な注入電流密度分布が共振器軸方向に向つて形成される。各々のp側電極の境界部でステップ状の電流密度分布にならずになだらかな形状をしているのは第1、第2、第3のp側電極 8 0, 8 1, 8 2 間の電気抵抗が 20Ω 程度と小さく第2のp側電極 8 1 の下部から両側へ電流の流れ込みがあるためである。この電流密度分布は第3図 b 中の実線で示される光の電解強度分布に近い形状をしている。従つて、第1、第2、第3のp側電極 8 0, 8 1, 8 2 を短絡して電流を流す場合に比べて、安定した単一軸モード発振が期待される。実際ターミナル 1 1 0 から電流を流して、諸特性を評価したところ、 25°C での発振閾値は 20 mA 、前方端面 9 0 からの光出力は、ほぼ出力の限界域、約 50 mW まで安定な単一軸モードで

動作した。前方端面からの光出力の微分量子効率は 25% であつた。この様に、電流密度分布形状を内部の光の電解強度分布に近づけた素子では、ほぼ安定な単一軸モード動作を示し、 80% 近くの素子が 30 mW 以上まで安定な単一軸モード動作を示し、本発明の構造の有効性を確認できた。

(第2の実施例)

第3図の模式図の説明では、負荷抵抗 1 0 0, 1 0 1, 1 0 2 は半導体レーザへ電流を流すリード線の途中に入れたものであるが、第4図の斜視図に示す様に、高抵抗 Si ヒートシンク 2 0 0 の上に負荷抵抗を配置することもできる。第2図に示した半導体レーザチップは第1、第2、第3p側電極 8 0, 8 1, 8 2 側を下にして、パターン化された膜厚 $5 \mu\text{m}$ AuSn の融着配線 2 0 1, 2 0 2, 2 0 3 の上に融着される。この融着配線 2 0 1, 2 0 2, 2 0 3 と、同じく膜厚 $5 \mu\text{m}$ の AuSn の融着ターミナル 2 0 4 の間をチップ抵抗 1 0 0, 1 0 1, 1 0 2 が融着されて接続されている。各々のチップ抵抗 1 0 0, 1 0 1, 1 0 2 の値は、 100Ω , 50Ω , 100Ω である。又ボンデングワイヤ 3 0 0, 3 0 1 は、各々半導体レーザの n 側電極 8 3 と、融着ターミナル 2 0 4 に接続されている。この様にして、第3図に示す外付けの負荷抵抗をハイブリッド化させて、半導体レーザのヒートシンク 2 0 0 の上に形成することができた。

(第3実施例)

本発明の第3の実施例を第5図に示す。第2図の第1の実施例と異なる点は、後方端面 9 1 に蒸着された高反射膜 3 2 が SiO_2 /アモルファス Si / SiO_2 /アモルファス Si / の4層から成り、後方端面 9 1 の反射率が 90% まで大きくされている点である。また $\lambda/4$ シフト領域はこの構造では必要がなく、形成されていない。この構造の半導体レーザは、第6図 b の実線で示されている様に、高反射端面 3 2 の方向に向かつて内部の光の電界強度が増加する形になる。この場合 p 側電極は、第1と第2の電極 8 0, 8 1 に分割しておけば、ほぼ所要の電流注入分布形状を得ることができる。第6図 a は、第1実施例の場合と同様に、第1、第2のp側電極 8 0, 8 1 に負荷抵抗 1 0 0, 1 0 1 (各々 100Ω , 50Ω) を接続した図を示し、第6図 b はこの様にして得られる電流密度

の分布形状及び、光の電界強度の分布を示している。両者が似通った分布形状を示していることがわかる。この状態で素子特性を評価したところ、発振閾値は20mA、前方端面90から出射する光の最大出力は120mW、又、微分量子効率が大きくなり、最大値は室温で60%であった。この構造の半導体レーザは、内部に $\lambda/4$ シフト領域50が形成されている構造とほぼ同様に、この $\lambda/4$ シフト領域50が、高反射膜32のところまで移動したと考えることができる。単一軸モード動作の安定性も良好であり、ほとんどの素子が50mWを越える光出力域まで安定な単一軸モードで動作した。第2図の第1の実施例の素子に対して、高出力、高効率特性が得られ易い傾向にあることがわかった。

(その他の方法)

本発明では、2個、あるいは3個の分割電極を有する素子を実施例として示した。実際は、この数に限定されず、分割電極の数が多くなればなる程、半導体レーザ内部の光の電界強度に整合した電流の分布形状が得られるのは明らかである。また本発明では、DC-PBHL構造を例にしたが、他の構造、例えば単純なBHLD構造、リブガイド構造等へも適用可能である。尚、本発明の、実施例では、分割した電極数として2個の場合、3個の場合を示したが、更に数を増やせばより良好な特性が期待される。又、負荷抵抗100、101、102、としても更に最適化を進めれば、より良い特性が期待される。また電極を分割しないで1つの低抗体で構成し、この低抗体の一点に外部から電流を給共するようにしても実施例と同様の電流注入分布が得られる。

(発明の効果)

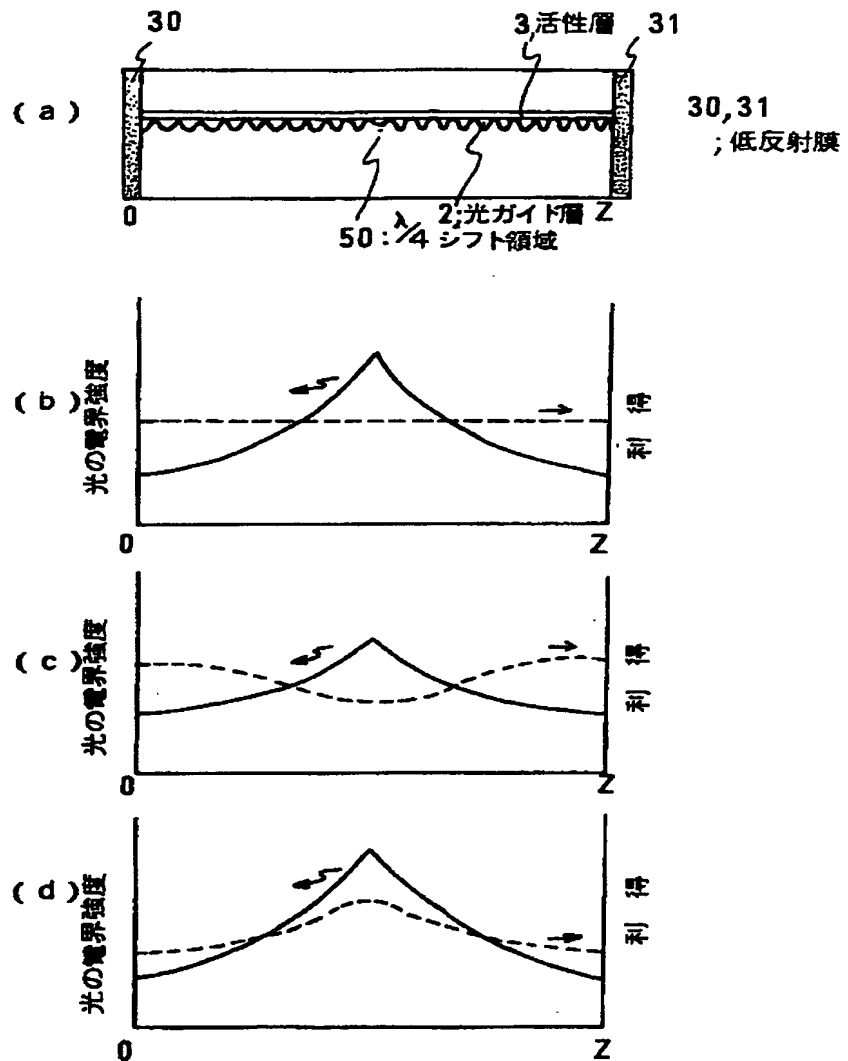
半導体レーザの電極を分割形にすることによ

り、半導体レーザ内部の光の電界強度分布に似通った電流注入分布形状を得ることが可能となった。この結果、安定な単一軸モードで動作する素子の再現性、均一性が良好となった。

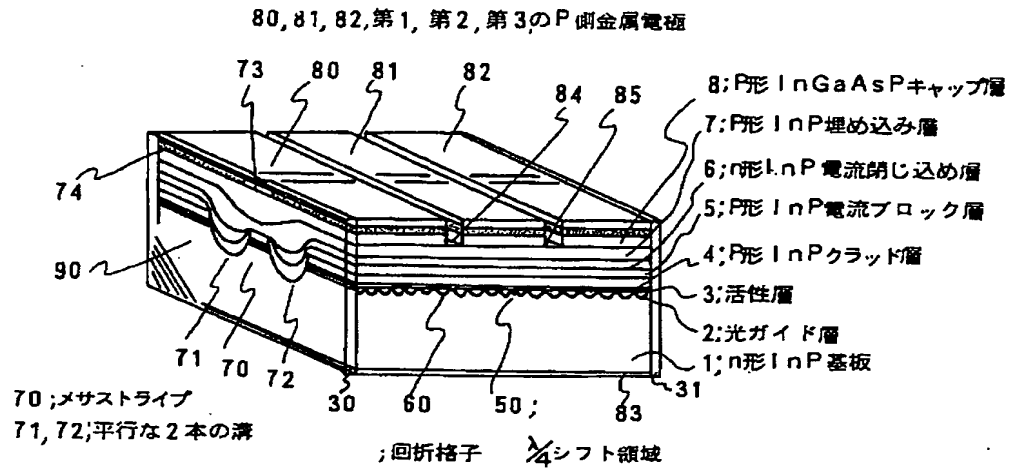
5 図面の簡単な説明

第1図a, b, cは本発明の原理を示す図であり、第1図aはDFBLDの断面模式図、第1図b, c, dは、共振器軸方向の光の電界強度及び利得の分布を示す図である。第2図は本発明の第1の実施例を示す斜視図、第3図a, bは、各々半導体レーザへ負荷抵抗を接続した図、及びその時共振器軸方向の光の電界強度分布、及び電流密度分布を示す図、第4図はヒートシンク上に、負荷抵抗を配置した本発明の第2の実施例を示す斜視図、第5図は本発明の第3の実施例を示す斜視図、第6図a, bは第3の実施例に負荷抵抗を接続した図及び、その時の共振器軸方向での光の電界強度分布、電流密度分布を示す図である。図中、1はn形InP基板、2はn形InGaAsP光ガイド層、3はノンドープInGaAsP活性層、4はp形InPクラッド層、5はp形InP電流ブロック層、6はn形InP電流閉じ込め層、7はp形InP埋め込み層、8はp形InGaAsPキャップ層、30、31は低反射膜、32は高反射膜、50は $\lambda/4$ シフト領域、60は回折格子、70はメサストライプ、71、72は平行な2本の溝、73は電流注入領域、74はSiO₂絶縁膜、80、81、82は各々第1、第2、第3のp側金属電極、84、85は分離溝、83はn側金属電極、90、91は各々前方及び後方の端面、100、101、102は負荷抵抗、110は、ターミナル、200はヒートシンク201、202、203は融着配線、204は融着ターミナル、300、301は各々ボンディングワイヤを示す。

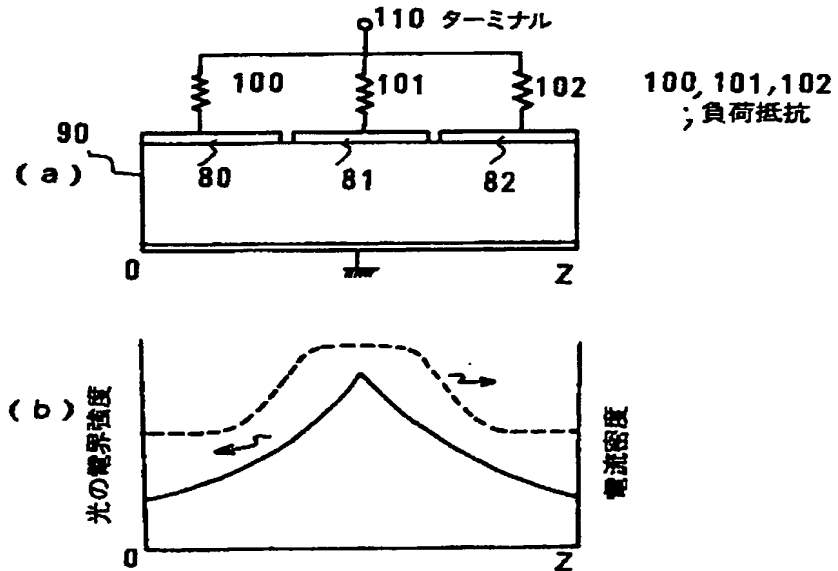
第1図



第2図



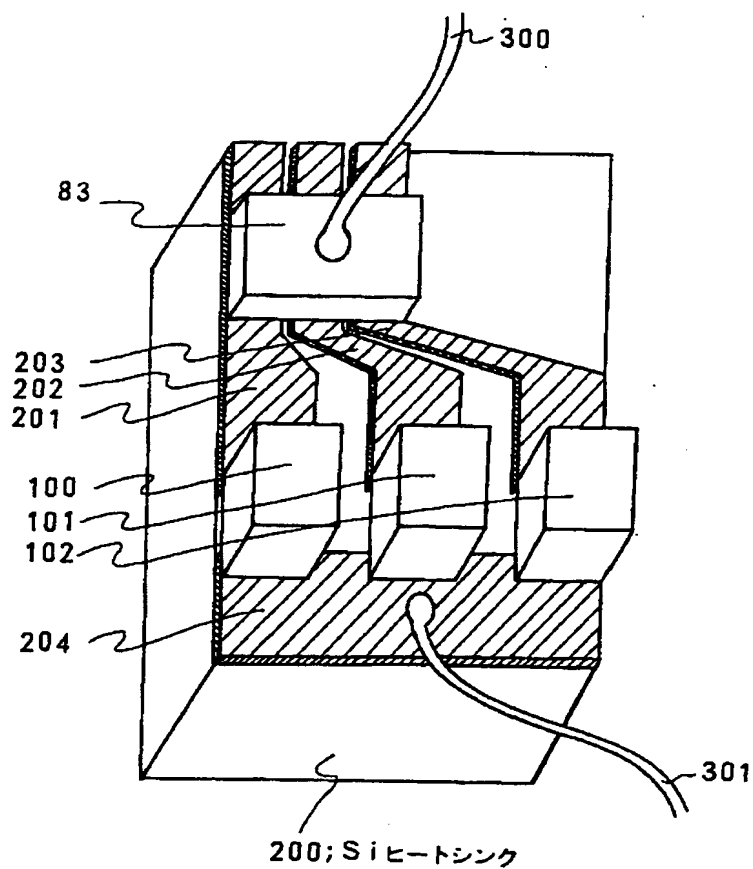
第3図



第4图

高反射膜

第4図



201, 202, 203; 融着配線

204; 融着ターミナル

300;301;ボンデングワイヤ

第 6 図

